

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 882 588 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
09.12.1998 Patentblatt 1998/50

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: B41F 13/004, B41F 13/12

(21) Anmeldenummer: 98810437.8

(22) Anmeldetag: 13.05.1998

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder: Maschinenfabrik Wifag  
CH-3001 Bern (CH)

(72) Erfinder:  
• Siegl, Walter, Dr.  
3013 Bern (CH)  
• Helfenstein, Andreas  
3014 Bern (CH)

(30) Priorität: 02.06.1997 DE 19723059  
02.06.1997 DE 19723043

(54) Registerhaltige Abstimmung von Druckzylindern einer Rollenrotationsmaschine

(57) Die Erfindung betrifft die registerhaltige Abstimmung von auf eine Bahn druckenden Zylindern einer Rollenrotationsmaschine, wobei ein auf eine Seite der Bahn druckender erster Zylinder (11) von einem ersten Motor (10) und ein auf die gleiche Seite der Bahn druckender zweiter Zylinder (12) von einem zweiten Motor (10) angetrieben werden und die Winkellage des zwei-

ten Zylinders (12) durch einen Regler (30; 32) registerhaltig zum ersten Zylinder (11) abgestimmt wird. Einer Führungsleitgröße ( $u_{2, \text{Soll}}$ ) für den Motorregler (8) wenigstens des zweiten Zylinders (12) wird wenigstens eine Störgröße ( $v$ ) aufgeschaltet zur Kompensation einer für diese Störgröße ( $v$ ) typischen Registerabweichung ( $Y_{12}$ ) des zweiten Zylinders (12) vom ersten Zylinder (11).

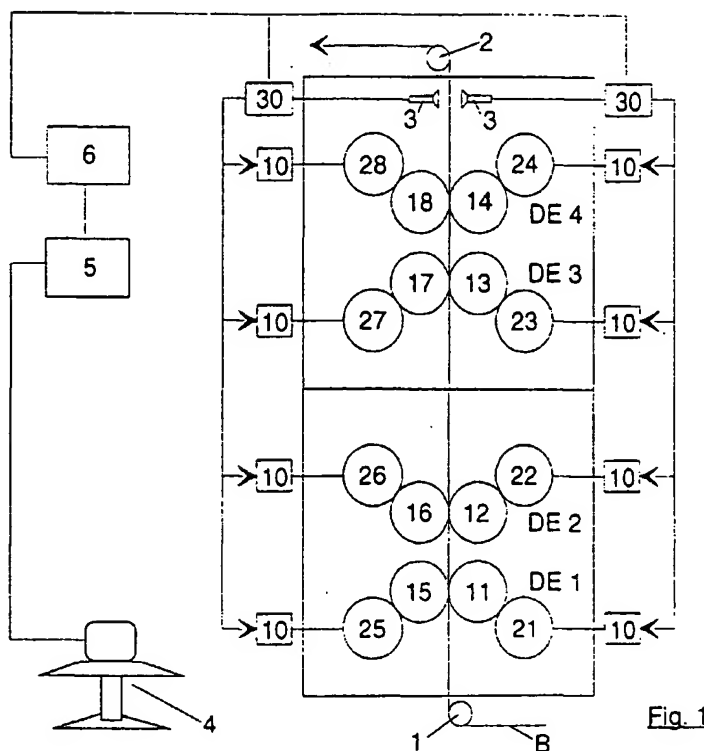


Fig. 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur registerhaltigen Abstimmung von auf eine Bahn druckenden Zylindern einer Rollenrotationsmaschine nach den Oberbegriffen der unabhängigen Ansprüche.

Im Rollenrotationsdruck spielt die Fähigkeit, möglichst rasch und makulaturarm von einer Produktion zur nächsten wechseln zu können, eine wachsende Rolle. Zeitungen und Zeitschriften werden immer mehr auf die lokalen Bedürfnisse oder auf bestimmte Zielgruppen zugeschnitten, so dass die Zahl der Auflagen zwar steigt, der Umfang der einzelnen Auflagen jedoch sinkt. Die Bedeutung von Produktionswechseln im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit der Druckmaschine wächst.

Konzepte für flexibel konfigurierbare Druckmaschinen, die gleichzeitig dazu beitragen, trotz erhöhter Flexibilität die Anschaffungskosten niedrig zu halten, sind aus der EP 0 644 048 A2 der Anmelderin bekannt. Die dort beschriebenen Konzepte der einzeln angetriebenen Druckstellen für Gummi/Gummi- und Stahl/Gummi-Produktionen erlauben einen fliegenden Plattenwechsel bei fortlaufender Produktion. Hierbei werden bei laufender Produktion in dieser Produktion nicht benötigte Druckzylinder an- und hochgefahren und bei Erreichen einer vorgegebenen Umfangsgeschwindigkeit an Gegendruckzylinder angelegt, so dass die neuen Druckstellen für die nachfolgende Produktion gebildet werden. Die neuen Druckstellen bzw. Druckspalten, die zwischen zwei auf die Bahn druckenden Zylindern, d.h. Druckzylindern, gebildet werden, liegen auf dem Weg der Bahn der noch laufenden Produktion. Die Bahn muss nicht neu eingezogen werden. Zylinder von nicht mehr benötigten Druckstellen der noch laufenden Produktion werden abgeschwenkt. Die neue Produktion beginnt und schließt sich nahtlos an die vorhergehende an. Mit diesen bekannten Druckmaschinen und Druckmaschinenkonzepten ist es nicht mehr notwendig, die Maschine beim Produktionswechsel bis zum Stillstand zu bringen und aus dem Stillstand wieder hochzufahren, so dass die Umrüstzeiten erheblich verkürzt, im Idealfall zu Null, werden können.

Bei dem fliegenden Plattenwechsel, beispielsweise bei Bahnbreitenänderungen, und dem dadurch ermöglichten fliegenden Produktionswechsel wird in den meisten Fällen zunächst die Umfangsgeschwindigkeit der Druckzylinder für die vorhergehende alte Produktion bis auf einen vorgegebenen Wert, beispielsweise auf 30 % der Geschwindigkeit im Fortdruck, abgesenkt, und die neuen Zylinder werden für die nachfolgende neue Produktion nach Erreichen der gleichen Umfangsgeschwindigkeit an ihre Gegenzylinder angelegt. Die neue Produktion wird bei dieser Geschwindigkeit aufgenommen. Anschließend werden die nun die Druckstellen bildenden Zylinder auf die Geschwindigkeit des Fortdrucks hochgefahren. Beim Produktionswechsel werden in diesem Beispielsfall somit zwei Geschwindigkeitsrampen durchfahren. Das Antriebskonzept der in den oben genannten Druckschriften beschriebenen Druckmaschinen mit einzeln angetriebenen Druckeinheiten ermöglicht darüberhinaus gegenüber den früher üblichen Antrieben mit einer gemeinsamen Welle ein erheblich schnelleres Durchfahren der Geschwindigkeitsrampen, so dass die Umrüstzeiten zwischen zwei Produktionen nochmals verkürzt werden können.

Die Erfindung hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Registerhaltigkeit und damit die Qualität des Druckbildes auf einer Bedruckbahn zu verbessern.

Diese Aufgabe wird durch die Gegenstände der Ansprüche 1 und 10 gelöst.

Die Erfindung geht von Rollenrotationsdruckmaschinen, insbesondere für den Zeitungsoffsetdruck, aus, wie sie beispielsweise aus der EP 0 644 048 A2 bekannt sind. Ein auf eine Seite einer Bahn druckender erster Zylinder wird von einem ersten Motor und ein auf die gleiche Seite der Bahn druckender zweiter Zylinder wird von einem zweiten Motor angetrieben, d.h. zwischen dem ersten und dem zweiten Zylinder besteht keine mechanische Kopplung für einen gemeinsamen Antrieb durch einen gemeinsamen Motor. Die beiden Motoren sind nicht formschlüssig zu Antriebszwecken verbunden. Beide Motoren werden bezüglich der Winkellage der von ihnen angetriebenen Zylinder geregelt.

Erfindungsgemäß wird dem Motorregler des Motors für den zweiten Zylinder eine Störgröße aufgeschaltet. Durch die zusätzlich aufgeschaltete Störgröße wird solchen größeren Abweichungen im Umfangsregister, d.h. Passerfehlern bzw. Registerabweichungen, entgegengewirkt, die ohne solch eine zusätzliche Aufschaltung auftreten würden. Als Störgröße wird vorzugsweise die Zylinderumfangsgeschwindigkeit oder eine Größe, aus der die Umfangsgeschwindigkeit ermittelt werden kann, verwendet. Die Umfangsgeschwindigkeit bzw. die äquivalente Größe wird an jedem der Zylinder vorzugsweise gemessen und diesem Zylinder aufgeschaltet oder repräsentativ für alle der registerhaltig aufeinander abzustimmenden Zylinder an einem dieser Zylinder gemessen und jedem der anderen Zylinder aufgeschaltet. Daraus bildet ein Steuerglied anhand einer gespeicherten, geschwindigkeitsabhängigen Kennlinie einen aufzuschaltenden Störgrößenteil.

So wird herkömmlich beim Durchfahren von Geschwindigkeitsrampen und auch im Fortdruck die Winkellage der Zylinder zwar im Sinne eines synchronen Laufs gesteuert und geregelt, nicht berücksichtigt werden jedoch die zufällige und die vorhersehbare Änderung des Bahnverhaltens während des Betriebs. So ist beispielsweise der Bahnzug unter anderem eine Funktion der Bahngeschwindigkeit. Solche, insbesondere auch im stationären Betrieb auftretende Änderungen des Bahnverhaltens, die nicht tolerierbare Passerfehler verursachen, werden durch die erfindungsgemäße Aufschaltung einer zusätzlichen Störgröße auf die Stellgröße des Registerreglers oder unmittelbar auf die Führungsleitgröße für einen Motorregler kompensiert bzw. von vornherein erst gar nicht zugelassen. Jeder der Motoren

wird somit anhand der herkömmlichen Leitgröße, beispielsweise die absolute Winkellage, geführt. Zumindest der Motor für den abzustimmenden Zylinder wird ferner anhand der zusätzlich aufgeschalteten Störgröße zur Kompensation eines sich vorhersehbar ändernden Bahnverhaltens geführt.

Die zu diskreten Zeiten oder kontinuierlich, insbesondere beim Durchlaufen von Geschwindigkeitsrampen, aufzuschaltende Störgröße kann empirisch oder durch Simulation oder eine kombinierte Methode ermittelt werden.

Bei einer empirischen Methode werden für den jeweiligen Maschinentyp sämtliche im späteren Betrieb möglichen planbaren Geschwindigkeitsrampen durchfahren. Die dabei erzeugten Druckexemplare können ausgelegt und die Passermarken ausgemessen werden. Dabei werden die Geschwindigkeitsrampen treppenförmig durchfahren, dergestalt, dass zu vorgegebenen Zeiten einer Beschleunigungs- oder Verzögerungsphase bei der gerade erreichten Zylinderumfangsgeschwindigkeit in den Fortdruck übergegangen und die dabei aufgedruckten Passermarken ausgemessen und ausgewertet werden. Auf jeder Treppenstufe der Geschwindigkeitsrampe wird so verfahren. Aus der Auswertung werden diskrete Werte für Passerfehler bzw. Registerabweichungen erhalten und daraus die Werte für die zusätzlich aufzuschaltende Störgröße ermittelt, mit der der Passerfehler, der ohne Aufschaltung der Störgröße sonst auftreten würde, kompensiert wird. Zwischen den durch diese Art des Ausmessens erhaltenen diskreten Werten für die Registerabweichung kann interpoliert und dadurch ein durchgehender, vorzugsweise stetiger Verlauf der Registerabweichung über der Zylinderumfangsgeschwindigkeit erhalten werden. Die Störgröße kann jedoch auch in diskreten Schritten aufgeschaltet werden.

Vorteilhafterweise werden bei einer empirischen Methode die in der Maschine vorhandenen Farbregisternessgeräte zum automatischen Ausmessen für diesen Zweck genutzt.

Im späteren Betrieb kann der empirisch gefundene Zusammenhang beim Durchfahren von Geschwindigkeitsrampen zur Aufschaltung der Störgröße genutzt werden.

Ein besonders geeignetes Verfahren zur Ermittlung des Passerfehlers in Verbindung mit einer auch für die Erfindung besonders geeigneten Marke, mit der sich unter anderem der Passerfehler ermitteln läßt, wird in der deutschen Patentanmeldung Nr. 196 39 014.1 der Anmelderin beschrieben, deren Offenbarung für die Zwecke der Erfindung hiermit in Bezug genommen wird.

In einer vorteilhaften Weiterbildung wird das Regelungsverhalten wenigstens des Registerreglers für den zweiten Zylinder gezielt verändert, wenn eine das Umfangsregister beeinflussende Änderung einer Produktionsbedingung vorgenommen wird. Die Änderung des Regelungsverhaltens wird durch eine gezielte Änderung wenigstens eines Reglerparameters bewirkt. Änderungen von Produktionsbedingungen, die eine erfindungsgemäße Änderung des Regelungsverhaltens auslösen, sind solche Änderungen, deren Auswirkung auf das Umfangsregister bzw. die Registerhaltigkeit vorhersehbar und reproduzierbar sind. Hierzu gehört insbesondere eine Änderung der Bahnlänge zwischen zwei benachbarten Druckwerken und gegebenenfalls auch zu den das Register aufnehmenden Sensoren infolge eines Umbildens von Druckstellen und/oder eine Änderung der Bahngeschwindigkeit, beispielsweise in Hoch- und Auslaufphasen der Maschine und/oder eine Änderung der Papierqualität infolge eines Rollenwechsels und/oder eine Änderung in der Farb-/Feuchtzufuhr.

Die bevorzugte Antwort auf eine oder mehrere Änderungen von Produktionsbedingungen besteht in einer angepassten Änderung des Regelungsverhaltens des Reglers, nämlich einer gesteuerten Adaption wenigstens eines Reglerparameters, gegebenenfalls aller oder wenigstens aller wesentlichen Reglerparameter. Die Einstellung des Reglers wird der veränderten Situation in Echtzeit oder antizipierend, vorzugsweise zum Teil in Echtzeit und zum Teil antizipierend, angepasst. Als Echtzeitgröße fließt in die Bildung des Reglerparameters vorzugsweise die Umfangsgeschwindigkeit bzw. die Drehzahl des registerhaltig abzustimmenden Zylinders ein. Es kann jedoch stattdessen auch die Umfangsgeschwindigkeit eines der anderen Zylinder verwendet werden, die mit dem zweiten Zylinder registerhaltig abzustimmen sind, beispielsweise die eines Referenzzylinders.

Antizipierend werden insbesondere veränderte Bahnwege und dadurch veränderte Bahnlängen berücksichtigt, indem Parametergrundwerte bei Produktionswechseln eingelesen werden.

Bei einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur registerhaltigen Abstimmung ist ein Steuerglied wenigstens für den auf den ersten Zylinder registerhaltig abzustimmenden zweiten Zylinder vorgesehen, das aus einer Störgröße, insbesondere der Umfangsgeschwindigkeit des abzustimmenden oder eines der anderen auf die gleiche Seite der Bahn druckenden Zylinder, eine Korrekturgröße zur Kompensation einer für die Störgröße typischen Registerabweichung des zweiten Zylinders vom ersten Zylinder bildet. Die Störgröße wird dem Motorregler des Motors des zweiten Zylinders in Form der Korrekturgröße aufgeschaltet.

Das Steuerglied verfügt vorzugsweise über einen Speicher, in dem der störgrößenabhängige Verlauf der Registerabweichung des zweiten Zylinders vom ersten Zylinder permanent abgelegt oder für den jeweiligen Druckfall von der übergeordneten Maschinensteuerung eingelesen oder aus mehreren permanent abgelegten Verläufen ausgewählt wird.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Vorrichtung verfügt ein Registerregler für den auf den ersten Zylinder abzustimmenden zweiten Zylinder über einen vorzugsweise digitalen Signalprozessor, mit einem eigenen Speicher, in dem die Parametergrundwerte für die Reglerparameter dieses Reglers gespeichert bzw. in den die jeweils gültigen

Parametergrundwerte einschreibbar sind. Der Schaltung oder dem Signalprozessor des Reglers muss bei Verwendung eines Festspeichers lediglich mitgeteilt werden, welcher dieser gespeicherten Grundwerte für den gerade aktuellen Betriebsfall für den jeweiligen Reglerparameter gelten soll. In einem Ausführungsbeispiel verfügt der Regler selbst sowohl über ein RAM und ein ROM und erhält von einer übergeordneten Steuerung lediglich über ein Steuersignal die Mitteilung, welchen der im ROM des Reglers gespeicherten Wert oder Datensatz er in sein RAM übernehmen und bis auf weiteres verwenden soll. Der gerade aktuelle Wertesatz für die Reglerparameter kann vorteilhaft jedoch auch von der übergeordneten Steuerung jeweils direkt in ein RAM des Reglers geladen werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird eine einen dritten Zylinder umfassende Teilregelstrecke, von einer den zweiten Zylinder umfassenden Teilregelstrecke bezüglich des Umfangsregisters entkoppelt. Der dritte Zylinder druckt auf die gleiche Seite der Bahn wie der erste und der zweite Zylinder und folgt in Bahnlaufrichtung gesehen dem zweiten Zylinder.

In einer bevorzugt zugrundegelegten Mehrfarbendruckmaschine druckt der erste Zylinder die Referenzfarbe, und der zweite und der dritte Zylinder werden registerhaltig bezüglich des ersten Zylinders abgestimmt. Durch Entkopplungsglieder im Registerregler werden Zylinderlageverstellungen des oder der vorhergehenden Zylinder so als Zylinderlage-Änderung an den Antriebsregler des dritten Zylinders weitergegeben, dass die Beeinflussung der Bahnspannung durch eine beim zweiten oder auch beim ersten und zweiten Zylinder vorgenommene Passerkorrektur kompensiert wird.

Die vorstehend offenbarten Merkmale können nicht nur bei der Regelung oder Steuerung derjenigen Zylinder verwendet werden, die registerhaltig zu einem die Referenzfarbe druckenden Zylinder abzustimmen sind. Der die Referenzfarbe druckende Zylinder selbst kann in gleicher Weise geregelt und/oder gesteuert werden. Um registerhaltig zu drucken ist dies beispielsweise dann von Vorteil, wenn es einen gemeinsamen Anteil in den Stellgrößen der Registerregler aller der Referenzfarbe folgenden Druckfarben gibt.

Die beschriebene Steuerung und gegebenenfalls Regelung des Umfangsregisters kann vorteilhafterweise auch zur Steuerung und gegebenenfalls Regelung des Schnittregisters verwendet werden, d.h. die Registerregler der Zylinder können auch im Hinblick auf das Schnittregister gesteuert adaptiert werden. Das Schnittregister kann im Zuge der Störgrößenaufschaltung, vorzugsweise mit, aber auch ohne gesteuerte Adaption, mitberücksichtigt werden.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand von Figuren erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 einen Druckturm für einen Vierfarbendruck,
- Figur 2 einen ersten Antrieb für jede der Druckeinheiten des Druckturms nach Figur 1,
- Figur 3 einen zweiten Antrieb für jede der Druckeinheiten des Druckturms nach Figur 1,
- Figur 4 einen dritten Antrieb für jede der Druckeinheiten des Druckturms nach Figur 1,
- Figur 5a einen Antrieb für ein Satellitendruckwerk,
- Figur 5b einen Antrieb für ein Zehnzyylinderdruckwerk,
- Figur 6 eine Umfangsregisterkennlinie für eine Druckfarbe,
- Figur 7 einen Regelkreis zur Lageregelung eines auf eine Bahn druckenden Zylinders des Druckturms nach Figur 1,
- Figur 8 einen Registerregler für den Regelkreis nach Figur 7,
- Figur 9 den Verlauf der Registerabweichung bei Verstellung der Winkellage eines auf die Bahn druckenden Zylinders der zweiten Druckeinheit des Druckturms nach Figur 1,
- Figur 10 den Verlauf der Registerabweichung der in der dritten Druckeinheit des Druckturms nach Figur 1 aufgetragenen Druckfarbe infolge der Verstellung nach Figur 9,
- Figur 11 den Verlauf der Registerabweichung der in der vierten Druckeinheit des Druckturms nach Figur 1 aufgetragenen Druckfarbe infolge der Verstellung nach Figur 9,
- Figur 12 den Verlauf der Registerabweichung entsprechend Figur 9 zusammen mit dem Verlauf der die Verstellung des zweiten Zylinders bewirkenden Stellgröße,
- Figur 13 die Auswirkung der Verstellung nach Figur 12 auf den Passer der nachfolgend gedruckten Farbe, für den Fall, dass die Regelstrecke mit dem Zylinder der nachfolgend gedruckten Farbe von der Regelstrecke mit der zuvor gedruckten Farbe nicht entkoppelt ist,
- Figur 14 die Auswirkung der Verstellung nach Figur 12 auf den Passer der nachfolgend gedruckten Farbe, für den Fall, dass die Regelstrecke mit dem Zylinder der nachfolgend gedruckten Farbe von der Regelstrecke mit der zuvor gedruckten Farbe entkoppelt ist,
- Figur 15 einen Registerregler für vier Zylinder und
- Figur 16 eine Sprungantwort eines Entkopplungsgliedes nach Figur 15.

Figur 1 zeigt einen Achterturm einer Rollenrotationsmaschine für den Zeitungsoffsetdruck. Der Druckturm wird durch vier Druckeinheiten DE1 bis DE4 gebildet, die zu zwei H-Brücken im Turm untereinander angeordnet sind. Jede der Druckeinheiten umfaßt zwei einen Druckspalt für eine durchlaufende Bahn B bildende Gummituchzylinder, die

beginnend mit der ersten Druckeinheit DE1 bis zur letzten Druckeinheit DE4 des Druckturms fortlaufend mit 11 bis 14 und 15 bis 18 bezeichnet sind. Jedem der Gummituchzylinder 11 bis 18 ist je ein Plattenzylinder 21 bis 28 zugeordnet. Den Plattenzylindern 21 bis 28 jeweils nachgeordnete Farb- und Feuchtwerke sind der Übersichtlichkeit wegen nicht dargestellt.

Die Bahn B wird von einer Papierwalze eines Rollenwechslers abgewickelt und läuft dann über Leitwalzen und eine Zugwalze 1 in den Druckturm. Die Zugwalze 1 ist antriebsseitig nicht mit den nachgeordneten Druckeinheiten DE1 bis DE4 gekoppelt. Im Druckturm wird die Bahn beidseitig vierfarbig bedruckt. Da die Erfindung nicht auf die in Figur 1 dargestellte Gummi/Gummi-Produktion beschränkt ist, sondern gleichermaßen auch bei Satellitendruckwerken Verwendung finden kann, werden die Gummituchzylinder 11 bis 18 nachfolgend ihrer Funktion des auf die Bahn Druckens wegen unspezifisch als Druckzylinder bezeichnet. In der ersten Druckeinheit DE1 wird die Bahn durch die ersten Zylinder 11 und 15 beidseitig jeweils mit der vorzugsweise als Referenz dienenden ersten Farbe bedruckt. Die Registerhaltigkeit beim Drucken der zweiten Farbe durch die zweiten Zylinder 12 und 16 in der zweiten Druckeinheit DE2 sowie der dritten und vierten Farbe wird stets in Bezug auf die erste Farbe gemessen und korrigiert.

Von jedem der Druckzylinder 11 bis 18 werden auf die Bahn Passermarken mitgedruckt, die mittels einem hinter der vierten Druckeinheit DE4 angeordneten Paar von Sensoren 3, vorzugsweise ein CCD-Kamera paar 3, aufgenommen werden.

Hinter der vierten Druckeinheit DE4 ist eine weitere Bahnzugwalze 2 angeordnet, die ebenfalls antriebsseitig nicht mit den Druckeinheiten gekoppelt ist. Zwischen den beiden Zugwalzen 1 und 2 unmittelbar am Eingang und am Ausgang vor der ersten Druckeinheit DE1 bzw. hinter der vierten Druckeinheit DE4, also der ersten und der letzten Druckstelle für die übereinander zu druckenden Farben, wird die Bahn B gespannt.

Die Anordnung des bzw. der Sensoren 3 kommt der Schnelligkeit der Farbregisterregelung und gegebenenfalls-Steuerung zugute, insbesondere bei instationären Vorgängen. Gerade in solchen Phasen kommt es darauf an, rechtzeitig einzugreifen, so dass das oder die Farbregister nicht aus dem Toleranzbereich läuft bzw. laufen. Um die Zeit zwischen Fehlerentstehung und Fehlerbehebung, d.h. die Fehlerlaufzeit, zu minimieren sollten zunächst die Druckeinheiten DE1 bis DE4 so nah wie möglich beieinanderliegen. Im Sinne einer Fehlerlaufzeitminimierung wäre es optimal, unmittelbar hinter jeder Druckstelle einen Sensor 3 anzuordnen. Es hat sich jedoch als ausreichend und unter Kostengesichtspunkten als vorteilhaft erwiesen, nur einen Sensor 3 pro Bahnseite vorzusehen, und diesen Sensor 3 so nah wie möglich hinter der letzten Druckstelle, die registerhaltig zur Referenzfarbe abzustimmen ist, zu platzieren. Die Druckstelle zum Drucken der Referenzfarbe sollte andererseits die vom Sensor 3 am weitesten entfernt liegende sein.

Um die Flexibilität der Maschinen im Hinblick auf wechselnde Produktionen zu erhöhen, kann es auch bevorzugt sein, die Referenzfarbe der jeweiligen Produktion angepasst auswählen zu können. Einer Auswerteelektronik beim Sensor 3 oder dem Registerregler 30 wird bei freier Auswahlmöglichkeit der Referenzfarbe der Ort des Drucks der Referenzfarbe mitgeteilt, so dass die registerhaltige Abstimmung der Druckzylinder entsprechend vorgenommen werden kann.

Die registerhaltige Abstimmung der auf eine Seite der Bahn B druckenden Druckzylinder 11 bis 14 erfolgt mittels Registerreglern 30. Im Ausführungsbeispiel sind die je einem der Druckzylinder 11 bis 14 zugeordneten Registerregler physikalisch in einem einzigen Registerregler 30 zusammengefasst. Einem Eingang des Reglers 30 werden die von dem der jeweiligen Bahnseite zugeordneten Sensor 3 aufgenommene Registerabweichungen zugeführt. Über einen weiteren Eingang ist der Registerregler 30 mit einem Bus einer übergeordneten Steuerung verbunden. Die übergeordnete Steuerung umfasst im Ausführungsbeispiel einen Leitstand 4, Sektionsrechner 5 und über Modems erreichbare Serviceschnittstellen 6. Die Sollwerte für die Antriebsregelung der Motoren 10 werden mittels der übergeordneten Steuerung gegeben. Die Registerregelungsanordnung für die auf die andere Seite der Bahn B druckenden Zylinder 15 bis 18 ist spiegelbildlich zur Registerregelungsanordnung für die Zylinder 11 bis 14.

Die Zeit zwischen der Erfassung eines Fehlers und der Ausgabe der entsprechenden Stellgröße sollte so kurz wie möglich sein. Ein Registerregler 30 für einen Motor eines der Zylinder 11 bis 18 wird unter anderem der Fehlerlaufzeit angepasst eingestellt. Eine Reglerparametrierung kann daher im Betrieb der Maschine auch in Abhängigkeit von Fehlerlaufzeiten variieren, die sich insbesondere bei Änderungen der Bahngeschwindigkeit oder einer Änderung des Abstands zwischen dem Ort der Fehlerentstehung und dem Sensor 3 bei wechselnden Produktionen ebenfalls verändern. Auch die Dynamik der Teilregelstrecke kann in die Parametrierung einfließen, so insbesondere die freie Bahnlänge zwischen vorangehender Druckstelle und betrachteter Druckstelle der Teilregelstrecke.

Schließlich sollte die Übertragung der Stellgröße des Registerreglers 30 so schnell wie möglich erfolgen und das Stellglied selbst sollte die Dynamik der vom Registerregler 30 ausgegebenen Stellgrößen mitmachen können.

Die Figuren 2 bis 4 zeigen untereinander alternative Antriebskonzepte für die jeweils einzeln angetriebenen Druckeinheiten DE1 bis DE4.

Bei dem in Figur 2 dargestellten Antrieb für die Druckeinheiten werden die den Druckspalt bildenden Zylinder, beispielsweise 11 und 15, jeweils über ein Getriebe 10.1, vorzugsweise ein Zahnriemen, von einem Motor 10 angetrieben. Die derart unmittelbar angetriebenen Zylinder 11 und 15 sind mechanisch mit ihren nachgeordneten Platten-

zylindern 21 und 25 gekoppelt, so dass sie über nicht dargestellte Zahnräder auf diese nachgeordneten Plattenzylinder abtreiben. Zwischen den den Druckspalt bildenden Zylindern 11 und 15 besteht keine formschlüssige Kopplung, so dass von einer Entkopplung des Antriebs an der Bahn gesprochen werden kann. Die unmittelbar angetriebenen Zylinder 11 und 15 werden bezüglich ihrer Winkellage relativ zu weiteren auf die gleiche Seite der Bahn druckenden Zylinder geregelt, um mit diesen weiteren Zylindern registerhaltig zu drucken.

Bei dem in Figur 3 dargestellten Antriebskonzept werden statt der den Druckspalt bildenden Zylinder 11 und 15 deren nachgeordneten Plattenzylinder 21 und 25 über je ein Getriebe, vorzugsweise wiederum ein Zahnriemen, unmittelbar angetrieben, und die Zylinder 11 und 15 werden über nicht dargestellte Zahnradzüge von den Plattenzylindern 21 und 25 ausgehend mit angetrieben. Ansonsten stimmen die beiden Antriebskonzepte nach den Figuren 2 und 3 überein.

Figur 4 zeigt ein weiteres Antriebskonzept, bei dem sowohl die beiden den Druckspalt bildenden Zylinder 11 und 15 als auch deren jeweils nachgeordneten Plattenzylinder 21 und 25 mechanisch miteinander gekoppelt sind und durch einen gemeinsamen Motor 10 angetrieben werden. Der Antrieb vom Motor 10 erfolgt wiederum über ein Getriebe, vorzugsweise ein Zahnriemen, auf einen der beiden den Druckspalt bildenden Zylinder 11 und 15, von dem dann wieder über einen Zahnräderzug auf die mit angetriebenen weiteren Zylinder, nämlich den Gegenzylinder und die Plattenzylinder, abgetrieben wird.

Während die in den Figuren 2 bis 4 dargestellten Antriebskonzepte Gummi/Gummi-Produktionen betreffen, zeigen die Figuren 5a und 5b, dass das Konzept der einzelnen angetriebenen, auf die Bahn druckenden Zylinder auch bei Satellitendruckwerken in gleicher Weise einsetzbar ist. Ein zentraler Stahlzylinder 19 wird in Figur 5a über ein Getriebe, vorzugsweise ein Zahnriemen, von einem Motor 10 angetrieben. Die mit diesem Zentralzylinder 19 Druckspalte bzw. Druckstellen bildenden Zylinder 11' bis 14' werden je durch einen Motor über je ein Getriebe, vorzugsweise wiederum Zahnriemen, angetrieben, und von diesen Zylindern 11' bis 14' wird formschlüssig auf die nachgeordneten Plattenzylinder 21' bis 24' abgetrieben. Mit einer gestrichelten Linie ist in Figur 5a angedeutet, dass der Zentralzylinder 19 auch mechanisch mit einem der Zylinder 11' bis 14' gekoppelt sein könnte, also formschlüssig mit einem dieser Zylinder in Verbindung stehen könnte, so dass der eigene Motor für diesen Zentralzylinder 19 in diesem Falle wegfallen würde. Auch bei dem Satellitendruckwerk der Figur 5a werden jeweils die auf die gleiche Seite einer Bahn druckenden Zylinder 11' bis 14' zueinander registerhaltig in ihren Winkellagen geregelt. Auch eine Überlagerung der Regelungen für den Zentralzylinder 19 mit jedem der Zylinder 11 bis 14 kann gewinnbringend im Sinne einer Minimierung von Abweichungen vom idealen Umfangsregister zum Einsatz kommen. Figur 5b zeigt entsprechendes am Beispiel eines Zehnzylinderdruckwerks mit zwei Zentralzylindern 19.1 und 19.2.

Den Plattenzylindern 21 bis 24 bzw. 25 bis 28 sowie 21' und 24' nachgeordnete Farb- und Feuchtwerte können mit den Plattenzylindern zum gemeinsamen Antrieb mechanisch gekoppelt sein, d.h. durch Formschluss. Die Farb- und Feuchtwerte können jedoch auch durch eigene Motoren angetrieben werden. Vorteilhaft sind auf der Antriebsseite jeweils anzutreibende Einheiten, die etwa gleiche Trägheitsmomente aufweisen, so dass mit wenigen Motorgrößen, vorzugsweise einer einzigen Motorgröße, die Antriebsanforderungen der Druckmaschine abgedeckt werden können.

In Figur 6 ist eine durch Messung und Interpolation gewonnene Kennlinie für die Registerabweichung  $Y_{12}$  des zweiten Zylinders 12 vom ersten Zylinder 11 dargestellt. Der erste Zylinder 11 ist der Referenzzylinder. Die Registerabweichung  $Y_{12}$  ist aufgetragen über der Umfangsgeschwindigkeit  $v_2$  des zweiten Zylinders 12. Die Kennlinie der Figur 6 ist reproduzierbar.

Solche Kennlinien können insbesondere für unterschiedliche Maschinentypen, unterschiedliche Papierqualitäten und unterschiedliche Maschinenkonfigurationen, d.h. für unterschiedliche Weglängen zwischen zwei benachbarten Druckstellen ermittelt und in einer maschineneigenen Datenbank abgelegt werden. Anhand dieser in der Datenbank abgelegten Datensätze kann nach entsprechender Auswahl des Maschinentyps, der aktuell verwendeten Papiersorte und der gerade eingestellten Maschinenkonfiguration der passende Datensatz herausgesucht werden. So wird dann aufgrund des in Figur 6 dargestellten Zusammenhangs aus der in der Produktion aktuellen Umfangsgeschwindigkeit  $v_2$  eine kompensierende Registerkorrektur ermittelt.

Eine Kennlinie, wie die der Figur 6, wird für jeden Druckfall des zweiten Zylinders 12 bzw. 16 sowie entsprechend für die weiteren registerhaltig abzustimmenden Zylinder ermittelt. In den unterschiedlichen Druckfällen sind die Kennlinien jeweils unterschiedlich, beispielsweise wegen unterschiedlicher Papierqualitäten, die bei gleicher Zylinderumfangsgeschwindigkeit unterschiedliche Bahnspannungen zeigen. Insbesondere bewirken voneinander abweichende Bahnwege bei Produktionswechseln ein verändertes Bahnverhalten. Für die Motorenregler der Zylinder derjenigen Druckeinheiten, die der als Referenz dienenden ersten Druckeinheit DE1 folgen, wird aus der Datenbank die passende Kurve ausgewählt. In Abhängigkeit von der aktuellen Zylinderumfangsgeschwindigkeit wird eine Korrekturgröße, d. h. der Anteil einer aufzuschaltenden Störgröße, anhand der ausgewählten Kennlinie gebildet und der Führungsgröße des Motorreglers 8 aufgeschaltet.

Gegebenenfalls erfolgt eine Störgrößenaufschaltung auch bei den Zylindern 11 und 15 der ersten Druckeinheit DE1. Die Aufschaltung solch einer Störgröße auch bei den ersten Zylindern 11 und 15 macht insbesondere für eine Schnittregisterregelung Sinn.

Falls zur Erhöhung der Flexibilität der Referenzzylinder frei wählbar ist, werden Kennlinien  $Y_{kl}(v_l)$  ausgemessen und in einer maschineneigenen Datenbank bereitgestellt. In  $Y_{kl}$  bezeichnet der Index  $k$  den Referenzzylinder und der Index  $l$  den jeweiligen, registerhaltig abzustimmenden Folgezylinder. Im Ausführungsbeispiel mit dem ersten Zylinder 11 als Referenzzylinder bedeutet dies, dass  $k = 1$  und  $l = 2, 3, 4$ .

In Figur 7 ist eine Regleranordnung für die auf die rechte Bahnseite druckenden Zylinder 11 bis 14 und andeungsweise auch für die auf die linke Bahnseite druckenden Zylinder 15 bis 18 dargestellt. Es wird im folgenden jedoch nur die Regelung rechts der Bahn beschrieben. Für die Regelung links der Bahn gilt jeweils entsprechendes.

Die auf die Bahn aufgedruckten Passermarken werden vom Sensor 3 aufgenommen und im Messkopf des Sensors 3 ausgewertet. Vom Ausgang des Sensors 3 werden die ermittelten Registerabweichungen  $Y_{1,j}$ , der Zylinder 12, 13 und 14 zum Referenzzylinder 11 zu einem Eingang des Registerreglers 30 geführt. Der Registerregler 30 gliedert sich intern in je einen Registerregler für jeden der Zylinder 11 bis 14. Aus diesen Registerabweichungen bildet jeder der Einzelregler des Registerreglers 30 eine Stellgröße für seine Regelstrecke, die den betreffenden Zylinder, dessen Motor 10 und Motorregler 8, die Bahn und die Sensorik beinhaltet.

Die Winkellagen der Zylinder 11 bis 14 werden von je einem Motorregler 8 geregelt. Hierzu wird für jeden der Zylinder 11 bis 14 eine individuelle Sollwinkellage gebildet. Die Winkellage  $\phi$  wird dabei durch eine vom Zylinderumfang abgewinkelte Länge  $u$  [mm] repräsentiert. Die Sollwinkellage setzt sich aus dem Anteil  $u_{i,soll}$ , welcher von der übergeordneten Steuerung 4, 5, 6 vorgegeben wird, und einer Korrektur  $du$ , zusammen. Es erfolgt nun ein Vergleich zwischen der Sollwinkellage und der von einem Sensor 7 aufgenommenen Winkel-Istlage  $u_{i,ist}$ . Vorzugsweise werden die Ist-Werte an den drehmomentenfreien Enden der Zylinder 11 bis 14 aufgenommen. Das Vergleichsresultat, die Differenz, wird durch den Motorregler 8 in eine Stellgröße für seinen Motor 10 umgewandelt.

In Figur 8 ist exemplarisch die Regelung für den zweiten Zylinder 12 detaillierter dargestellt. Für die Registerregelung der anderen Zylinder gilt Entsprechendes. Eingangsgrößen für den Registerregler 30 bzw. die diesen Regler 30 konstituierenden einzelnen Registerregler (Fig. 15) sind zum einen die vom Sensor 3 aufgenommenen und ermittelten Registerabweichungen  $Y_{kl} = (Y_{12}, Y_{13}, Y_{14})$ . So repräsentiert  $Y_{12}$  die Registerabweichung des zweiten Zylinders 12 zum ersten Zylinder 11. Entsprechendes gilt für die weiteren Registerabweichungen. Ferner werden dem Registerregler 30 die gemessenen Umfangsgeschwindigkeiten  $v_1$  bis  $v_4$  ( $=v_{1234}$ ) der Zylinder 11 bis 14 zugeführt. Es würde auch genügen, die Umfangsgeschwindigkeit nur eines der registerhaltig abzustimmenden Zylinder 11 bis 14 für die anderen mit zu verwenden, vorzugsweise die des Referenzzylinders.

Über einen dritten Eingang ist der Registerregler 30 mit der übergeordneten Steuerung, die in Figur 8 nur einfach mit 4 bezeichnet ist, verbunden. Am dritten Eingang liegen von der übergeordneten Steuerung 4 ausgegebene Parametergrundwerte  $k_{Basis} = (k_P Basis, k_I Basis, k_D Basis, k_F Basis)$  und gegebenenfalls Koeffizienten  $a_p, a_i, a_d$  für den zweiten Zylinder 12. Die ersten drei Grundwerte sind für den Regler, der vierte für ein Filter bestimmt. Parametergrundwerte  $k_{Basis}$  werden entsprechend auch für den dritten Zylinder 13 und den vierten Zylinder 14 und gegebenenfalls auch für den ersten Zylinder 11 zugeführt. Aus diesen Eingangsgrößen, d.h. der Registerabweichung  $Y_{12}$ , der Umfangsgeschwindigkeit  $v_2$  und den Parametergrundwerten bildet der Registerregler 30 seine Stellgröße  $du_{2,R}$ . Diese Ausgangsgröße oder Stellgröße wird dem Eingang des Motorreglers 8 zusammen mit dessen Führungsleitgröße  $u_{2,soll}$  von der Steuerung 4 und der Winkel-Istlage  $u_{2,ist}$  in Form der Differenz  $u_{2,soll} + du_2 - u_{2,ist}$  zugeführt. Als Motorregler 8 kann beispielsweise ein aus der EP 0 644 048 bekannter PID-Regler verwendet werden.

Auch der Registerregler 30 des Ausführungsbeispiels ist als Regler mit PID-Elementen, jeweils mit Reglerparametern  $k_p, k_i$  und  $k_D$ , ausgebildet. Jeder dieser Reglerparameter wird vom Registerregler 30 als Funktion des jeweiligen Parametergrundwerts und der Umfangsgeschwindigkeit des Zylinders gebildet, d.h. als Funktion der pro Zylinder individuellen Parametergrundwerte und Umfangsgeschwindigkeiten. Es gilt somit für jeden der Zylinder 11 bis 14 individuell:

$$\begin{aligned} k_p &= f(k_{p \text{ Basis}}, v) \\ k_i &= f(k_{i \text{ Basis}}, v) \\ k_D &= f(k_{D \text{ Basis}}, v) \end{aligned} \quad (1)$$

Im Ausführungsbeispiel kann, wie nachfolgend noch beschrieben wird, je ein Koeffizient  $a$  pro Reglerparameter  $k$  hinzutreten. Jeder der Reglerparameter wird somit als Funktion des jeweiligen Parametergrundwerts, einer zylinderindividuellen oder einer für alle Zylinder gleichen, repräsentativen Geschwindigkeit, und gegebenenfalls dem zuletzt genannten Koeffizienten gebildet.

Im Ausführungsbeispiel werden die Parametergrundwerte  $k_{Basis}$  allein in Abhängigkeit von der Dynamik der Teilregelstrecken, d.h. nur oder zumindest hauptsächlich von den Bahnwegen zum vorhergehenden Zylinder und zum Sensor 3, bestimmt. Die Reglerparameter des Ausführungsbeispiels sind proportional zum Produkt aus Parameter-



grundwert und Umfangsgeschwindigkeit, d.h. es gilt:

$$k_p \sim k_{p \text{ Basis}} * v$$

$$k_i \sim k_{i \text{ Basis}} * v \quad (2)$$

$$k_d \sim k_{d \text{ Basis}} * v$$

Die vorgenannten Zusammenhänge nach (1) und (2) zwischen den Reglerparametern und den sie bestimmenden Variablen gelten für jeden der registerhaltig abzustimmenden Zylinder mit je eigenen Parametergrundwerten. Bei der Bildung der Gewichtungen der I- und D-Anteile in einem Algorithmus für einen vorzugsweise diskreten Regler wird die in die Gewichtung einfließende Abtastzeit T vorzugsweise konstant, zumindest bereichsweise, d.h. innerhalb vorgegebener Geschwindigkeitsbereiche, konstant gehalten.

Die Parametergrundwerte  $k_{\text{Basis}}$  und die gegebenenfalls mitverwendeten Koeffizienten a für die Reglerparameter werden dem Registerregler 30 bei einem Produktionswechsel und der damit einhergehenden Druckstellenumbildung antizipierend von der Maschinensteuerung vorgegeben. Im Ausführungsbeispiel berücksichtigen die Parametergrundwerte nur die Länge der Bahn zu den jeweils im Druck vorhergehenden Druckzylinder. Eine entsprechende Einstellung am Maschinenleitstand 4 wird von der Maschinensteuerung in die Parametergrundwerte umgerechnet und an die Registerregler 30 weitergegeben. Diese Parametergrundwerte gelten dann so lange, bis eine erneute Druckstellumbildung vorgenommen wird. Die Zylinderumfangsgeschwindigkeiten  $v_1$  bis  $v_4$  werden gemessen und in Echtzeit ständig vom Registerregler 30 zur Bildung seiner Ausgangsgröße  $du_{i,R}$  im Rahmen eines geeigneten Regelungsalgorithmus, vorzugsweise einer PID-Regelung, herangezogen. Es kann jedoch auch eine für einen der Zylinder 11 bis 14 gemessene Umfangsgeschwindigkeit für alle registerhaltig aufeinander abzustimmenden Zylinder verwendet werden.

Der durch gesteuerte Adaption gebildeten Ausgangsgröße  $du_{2,R}$  des Registerreglers 30 wird die Umfangsgeschwindigkeit  $v_2$  als Störgröße von einem Steuerglied 40 additiv aufgeschaltet. Die daraus gebildete Summe  $du_2$  wird der Führungsgröße  $u_{2,\text{Soll}}$  der Maschinensteuerung 4 additiv aufgeschaltet, und die Differenz aus der derart gebildeten Führungsgröße und dem gemessenen Lage-Istwert  $u_{2,\text{Ist}}$  ist die Regelabweichung für den Motorregler 8.

Eine Ausgangsgröße  $du_{2,S}$  als Korrekturgröße wird in dem Steuerglied 40 in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit  $v_2$  des zweiten Zylinders 12, die vorzugsweise gemessen wird, gebildet. Zu diesem Zweck sind Kennlinien in einem Speicher des Steuerglieds 40 für den Zusammenhang der Registerabweichungen und der Zylinderumfahrgeschwindigkeiten abgelegt. Zur Bildung des Korrekturwerts bzw. des Störgrößenaufschaltungsanteils  $du_{2,S}$  wird die von der Geschwindigkeit  $v_2$  des zweiten Zylinders 12 abhängige Registerabweichung  $Y_{12}$  herangezogen, wie sie beispielsweise in Figur 6 dargestellt ist. Das Steuerglied 40 errechnet aus dieser Kennlinie die zur Kompensation der Registerabweichung  $Y_{12}$  dienende Korrekturgröße  $du_{2,S}$ , d.h. je nach Definition von  $Y_{12}$  und  $du_{2,S}$  erfolgt als Umrechnung eine Skalierung und/oder ein Vorzeichenwechsel. Im Speicher des Steuerglieds 40 wird im Ausführungsbeispiel lediglich eine Kennlinie für jede der Registerabweichungen  $Y_{12}$  bis  $Y_{14}$  abgespeichert, für den zweiten Zylinder 12 insbesondere die Kennlinie der Figur 6, d.h. es werden in diesem Fall lediglich die Umfangsgeschwindigkeiten der Zylinder als Eingangsgrößen für das Steuerglied 40 verwendet. Da die Registerabweichungen im allgemeinen jedoch auch von weiteren Einflussgrößen abhängen, insbesondere der freien Bahnlänge zum vorangehenden Zylinder und zum Sensor 3, der Farb- und Feuchtmittelführung und auch von der Papierqualität, ist bei Verwendung nur einer Kennlinie für die jeweilige Registerabweichung ein repräsentativer, mittlerer Verlauf gespeichert. In einer vorteilhafter Weiterbildung können jedoch auch für jede der Registerabweichungen Kennlinienscharen im Speicher des Steuerglieds 40 abgelegt sein. In diesem Fall wird die aktuell zu verwendende Kennlinie von der Steuerung 4 über eine in Figur 8 punktgestrichelt eingezeichnete Linie ausgewählt. Auch für die Bildung der Korrekturgrößen  $du_{i,S}$  kann wieder eine einzige der Geschwindigkeiten  $v_1$  bis  $v_4$ , insbesondere die des Referenzzylinders, als repräsentative Geschwindigkeit statt individueller Geschwindigkeiten verwendet werden. Anstatt die Kennlinie oder Kennlinien in einem Speicher des Steuerglieds permanent zu speichern und daraus die relevante für den jeweiligen Druckfall auszuwählen, könnten die Kennlinien auch in einer Datenbank der Maschinensteuerung abgelegt sein und über den  $Y_{KL}$ -Bus zu Produktionsbeginn in den Steuergliedspeicher eingegeben werden.

Die Korrekturgröße  $du_{2,S}$  kann im stationären und im instationären Betrieb der Maschine zur Kompensation von systematischen Passerfehlern bzw. Registerabweichungen auch allein eingesetzt werden. Dieser Modus wird durch einen offenen Schalter am Ausgang des Reglers 30 angedeutet. Die Aufschaltgröße  $du_2$  ist in diesem Fall identisch



zum Störgrößenanteil  $du_{2,S}$  (= Korrekturgröße) des Steuerglieds 40. Ebenso ist jedoch auch die Aufschaltung dieser Korrekturgröße optional, d.h. die Aufschaltgröße  $du_2$  kann auch identisch zu der Stellgröße  $du_{2,R}$  des Reglers 30 sein. Auch dieser Modus wird durch einen offenen Schalter symbolisiert. Ebenso können  $du_{i,R}$  und  $du_{i,S}$  auch zusammen die Aufschaltgröße  $du_i$  bilden, d.h. beide symbolischen Schalter sind in diesem Fall geschlossen.

Das Steuerglied 40 kann, wie in Figur 8 dargestellt, eigenständig zusätzlich zu dem Motorregler 8 und dem Registerregler 30 vorgesehen sein. Es kann jedoch auch vorteilhafterweise in Einzelsteuerglieder für die einzelnen Zylinder 11 bis 14 aufgeteilt und in dieser Aufteilung jeweils den Motorreglern 8 unmittelbar vorgeordnet sein. Eine dritte Möglichkeit, nämlich die Implementation der das Steuerglied 40 bildenden Einzelsteuerglieder 41 bis 44 in den Registerregler 30 ist in Figur 15 dargestellt.

Die Figuren 9 bis 11 zeigen den Einfluss, den eine am zweiten Zylinder 12 vorgenommene Registerverstellung auf die Register der nachfolgenden Zylinder 13 und 14 ausübt. In Figur 9 ist die Abweichung des Registers des zweiten Zylinders 12 vom ersten Zylinder 11 über der Zeit dargestellt für den Fall einer rechteckförmigen Anregung  $du_2$ . Zu einem vorgegebenen ersten Zeitpunkt  $t_1$  wurde das Register des zweiten Zylinders 12 um 1 mm verstellt und zu einem vorgegebenen zweiten Zeitpunkt  $t_2$  wieder zurückgestellt. Die Verstellung des zweiten Zylinders 12 macht sich im Register des nachfolgenden dritten Zylinders 13 nur zu dem vorgenannten ersten und zweiten Zeitpunkt, also den Übergangsstellen der Figur 9, durch einen ersten und einen zweiten Buckel unterhalb und oberhalb der Linie für Nullabweichung bemerkbar. Ein ähnliches Verhalten zeigt das Register des vierten Zylinders 14 gemäß Figur 11.

Die Anteile  $du_3$  und  $du_4$  in den Führungsgrößen für deren Motorregler 8 sind Null.

Für eine andere beispielhafte Registerverstellung ist in Figur 12 zusätzlich zum Verlauf der Registerabweichung  $Y_{12}$  die Änderung der Anregung  $du_2$  eingezeichnet.

Figur 13 zeigt den Verlauf von  $du_3$  und den Verlauf der Registerabweichung  $Y_{13}$  für den dritten Zylinder 13. Die Registerverstellung nach Figur 12 beim zweiten Zylinder 12 bewirkt auch eine Verstellung des Umfangsregisters bei den nachfolgenden Zylindern 13 und 14, wie dies bereits in den Figuren 10 und 11 dargestellt ist. Sobald eine Registerabweichung  $Y_{13}$  durch den Sensor 3 festgestellt worden ist, wird der Motor des dritten Zylinders 13 zur Beseitigung der Registerabweichung  $Y_{13}$  nachgeregelt. Der der Nachregelung entsprechende Anteil  $du_3$  der Führungsgröße für den Motorregler 8 des dritten Zylinders 13 ist in Figur 13 eingezeichnet. In Figur 13 ist erkennbar, dass diese Führungsgröße erst mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung zur eingetretenen Registerabweichung  $Y_{13}$  um  $du_3$  verändert wird. Die Regelstrecken für die beiden Zylinder 12 und 13 sind gekoppelt. Wie Figur 13 zeigt, bewirkt die verzögerte Veränderung  $du_3$  nicht nur, dass die Registerabweichung  $Y_{13}$  ungestört zum Entstehen kommt, sie bewirkt darüber hinaus nach Verringerung von  $Y_{13}$  auch ein erhebliches Überschwingen der Registerabweichung  $Y_{13}$  in die andere Richtung. Das Überschwingen erfolgt sogar zu einer Zeit, zu der die Registerabweichung  $Y_{13}$  ohne die Änderung  $du_3$  gegen die gewünschte Nullabweichung zurücklaufen würde. Das Überschwingen wird somit durch  $du_3$  überhaupt erst bewirkt.

Figur 14 zeigt den Verlauf der Registerabweichung  $Y_{13}$  des dritten Zylinders 13 für den Fall, dass eine regelungstechnische Entkopplung für die Regelstrecken des zweiten Zylinders 12 und des dritten Zylinders 13 vorgenommen wird bzw. aktiviert ist.

Der in Figur 14 günstige Verlauf der Registerabweichung  $Y_{13}$  des dritten Zylinders 13, bezogen auf den ersten Zylinder 11, wird dadurch erzielt, dass der Führungsgröße des Motorreglers 8 für den dritten Zylinder 13 ein bestimmter Anteil des Ausgangs des Registerreglers für den zweiten Zylinder 12 aufsummiert wird. Durch die Aufsummierung werden die Einflüsse im Sinne einer registerhaltigen Abstimmung kompensiert, die von der Beeinflussung der Bahnspannung durch die Registerverstellung eines vorhergehenden Zylinders herrühren. Die eben beschriebene Aufsummierung zur Führungsgröße des Motorreglers für den dritten Zylinder 13 kann alleine oder in Kombination mit der bereits genannten Störgrößenaufschaltung erfolgen.

Figur 15 zeigt ein Ausführungsbeispiel des Registerreglers 30, der durch Integration des Steuerglieds 40 in den Regler 30 der Figur 8 entsteht. Ferner sind Entkopplungsglieder vorgesehen.

Auf einem ersten Bus  $v$  und einem zweiten Bus  $k_{Basis}$ , die zusammen auch zu einem einzigen Bus zusammengefasst sein können, werden dem insgesamt mit 30 bezeichneten Registerregler die Umfangsgeschwindigkeiten  $v_1$  bis  $v_4$  der vier auf die gleiche Bahnseite druckenden Zylinder 11 bis 14 und die Parametergrundwerte für diese Zylinder zugeführt. Die gegebenenfalls jeweils mit den Parametergrundwerten vorgegebenen Koeffizienten  $a$  werden über den  $K_{Basis}$ -Bus oder einen eigenen Bus übertragen.

Der Registerregler 30 weist je einen Hauptregler für jeden der Zylinder 11 bis 14 auf. Die jeweiligen Hauptregler sind mit 31 bis 34 bezeichnet. Es handelt sich hierbei jeweils um einen PID-Regler. Jedem der Hauptregler 31 bis 34 und der Filter 1 bis 4 wird der für seinen Zylinder individuelle Satz von Parametergrundwerten  $k_{Pi,Basis}$ ,  $k_{Ii,Basis}$ ,  $k_{Di,Basis}$  und  $k_{fi,Basis}$  zugeführt; den Hauptreglern werden ferner zylinderindividuelle Koeffizienten  $a_{Pi}$ ,  $a_{Ii}$ ,  $a_{Di}$  zugeführt. Die Registerabweichungen  $Y_{12}$  bis  $Y_{14}$  werden den Hauptreglern 32 bis 34 jeweils über ein vorgeschaltetes Filter, nämlich Filter 2, Filter 3 und Filter 4, zugeführt. Die Parametergrundwerte werden zu Beginn einer Produktion für diese Produktion für die gesamte Produktion einmalig in je einen Speicher der Hauptregler 31 bis 34 eingelesen. Es ist jedoch auch möglich, dass mehrere, für eine Produktion spezifische Sätze von Parametergrundwerten verwendet werden,

beispielsweise ein erster Satz für einen ersten Geschwindigkeitsbereich und ein zweiter, gegebenenfalls ein dritter Satz für einen zweiten oder gar dritten Geschwindigkeitsbereich der Zylinder. Im Ausführungsbeispiel berücksichtigen die Parametergrundwerte lediglich die Länge der freien Bahn vor dem jeweiligen Zylinder und die Länge der Bahn vom Zylinder bis zum Sensor 3. Falls für jeden der Zylinder 11 bis 14 je ein Sensor 3 vorgesehen ist, müssen die Parametergrundwerte die jeweiligen Bahnlängen bis zu solch individuellen Sensoren 3 nicht berücksichtigen. Aus den Parametergrundwerten und der gemessenen Zylinderumfangsgeschwindigkeit bildet jeder der Hauptregler 31 bis 34 seine Reglerparameter  $k_p$ ,  $k_i$  und  $k_D$  nach den Beziehungen:

$$\begin{aligned} k_p &= a_p + k_{p \text{ Basis}} * v \\ k_i &= a_i + k_{i \text{ Basis}} * v \\ k_D &= a_D + k_{D \text{ Basis}} * v \end{aligned} \quad (3)$$

Die Werte für die Koeffizienten  $a_p$ ,  $a_i$ ,  $a_D$  gelangen auf die gleiche Art und Weise zu den Hauptreglern wie die  $k_{\text{Basis}}$ -Werte. Die  $a$ -Werte werden vorzugsweise ebenfalls auch stets dann verändert, wenn die  $k_{\text{Basis}}$ -Werte verändert werden.

Innerhalb der gleichen Produktion können die ebenfalls zylinderindividuellen Koeffizienten  $a$  und die Grundwerte  $k_{\text{Basis}}$  in diskreten Schritten in Abhängigkeit von der Zylinder- umfangsgeschwindigkeit variieren, vorzugsweise in lediglich zwei oder drei Schritten über den gesamten Geschwindigkeitsbereich.

Auch die Koeffizienten  $k$ , der vorgeschalteten Filter, der Filter 1, 2, 3 und 4, können in vorteilhafter Weiterbildung entsprechend solchen Relationen und Gleichungen (1) bis (3) gesteuert adaptiert werden.

Den Ausgangsgrößen  $du_{i,R}$  der Hauptregler 31 bis 34 werden jeweils die Störgrößenanteile  $du_{i,S}$  in der zu Figur 8 beschriebenen Weise additiv aufgeschaltet.

Ferner werden ebenfalls additiv aufgeschaltet die Ausgangsgrößen von Entkopplungsgliedern  $EG_{34}$ ,  $EG_{234}$  und  $EG_{1234}$ . Im Ausführungsbeispiel mit dem ersten Zylinder 11 als Referenzzylinder und den in ihrer Nummerierung folgenden Zylindern 12, 13 und 14 genügen das Entkopplungsglied  $EG_{34}$  zur Entkopplung des Hauptreglers 34 vom Hauptregler 33 und das weitere Entkopplungsglied  $EG_{234}$  zur Entkopplung jeweils des Hauptreglers 33 und 34 vom Hauptregler 32. In die Entkopplung miteinbezogen sind auch die Steuerglieder 41 bis 44.

In Figur 15 ist der Fall dargestellt, dass der erste Zylinder 11 die Referenzfarbe druckt.  $Y_{11}$  ist in diesem Falle definitionsgemäß Null; ebenso  $du_{1,R}$ . Die Störgrößenaufschaltung wirkt in diesem Falle für den ersten Zylinder 11 nur beim Schnittregister. Falls die Referenzfarbe durch einen der anderen Zylinder 12, 13 oder 14 gedruckt wird, gilt entsprechendes für den dann die Referenzfarbe druckenden Zylinder. Falls in den Registerabweichungen  $Y_{12}$ ,  $Y_{13}$  und  $Y_{14}$  ein gemeinsamer Teil auftritt und gegebenenfalls dieser gemeinsame Registerabweichungsanteil beim ersten Zylinder 11, dem Referenzzylinder, kompensiert wird, oder bei Schnittregisterverstellungen, werden die Regelstrecken der Zylinder 12, 13 und 14 durch ein entsprechendes Entkopplungsglied  $EG_{1234}$  von der Regelstrecke des ersten Zylinders 11 in gleicher Weise entkoppelt. Falls der Referenzzylinder frei wählbar ist, werden die Zylinder 11 bis 14 vorzugsweise alle voneinander über Entkopplungsglieder entkoppelt.

Wie bereits im Zusammenhang mit Figur 8 beschrieben, kann auf die Ausgangsgrößen  $du_{i,R}$  der Hauptregler 31 bis 34 verzichtet werden; zumindest kann auf die gesteuerte Adaption verzichtet werden. Ebenso ist die Bildung einer regelungstechnischen Entkopplung mittels Entkopplungsgliedern  $EG_{34}$ ,  $EG_{234}$  und  $EG_{1234}$  optional.

In Figur 16 ist eine Sprungantwort bzw. Übertragungsfunktion für die Entkopplungsglieder  $EG_{23}$ ,  $EG_{234}$  und  $EG_{1234}$  als Funktion der Zeit qualitativ dargestellt. Die Übertragungsfunktion, die in dieser qualitativen Darstellung für sämtliche Entkopplungsglieder gilt, fällt von einem positiven Anfangswert im Verlauf der Zeit ab bis gegen Null. Da es sich bei der erfindungsgemäßen Regelung bevorzugterweise um eine diskrete Regelung handelt, ist der Verlauf der Übertragungsfunktion treppenförmig abfallend. Die Ausgangsgrößen der Entkopplungsglieder werden somit derart gebildet, dass die nachfolgenden Zylinder so ausschlagen, dass deren Passer möglichst wenig verändert werden, wenn an einem vorausgehenden Zylinder eine Registerverstellung vorgenommen worden ist. Die erfindungsgemäße Entkopplung der Regelstrecken im Registerregler 30 trägt auch alleine, d.h. ohne die gesteuerte Adaption der Reglerparameter und auch ohne die Aufschaltung der Störgröße, zur Registerhaltigkeit von auf eine Seite der Bahn druckenden Zylindern untereinander bei, bringt also auch allein oder in wahlweiser Kombination mit einer der anderen beiden Lösungen Vorteile bei der Registerhaltigkeit.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur registerhaltigen Abstimmung von auf eine Bahn druckenden Zylindern einer Rollenrotationsmaschine, bei dem

a) ein auf eine Seite der Bahn druckender erster Zylinder (11) von einem ersten Motor (10) und ein auf die gleiche Seite der Bahn druckender zweiter Zylinder (12) von einem zweiten Motor (10) angetrieben werden und  
b) die Motoren (10) von Motorreglern (8) zur Einhaltung von vorgegebenen Winkellagen des ersten und des zweiten Zylinders (11, 12) geregelt werden,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

c) einer Führungsleitgröße ( $u_{2, \text{ Soll}}$ ) für den Motorregler (8) wenigstens des zweiten Zylinders (12) wenigstens eine Störgröße ( $v$ ) aufgeschaltet wird zur Kompensation einer für diese Störgröße ( $v$ ) typischen Registerabweichung ( $Y_{12}$ ) des zweiten Zylinders (12) vom ersten Zylinder (11).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die typische Registerabweichung ( $Y_{12}$ ) als Funktion der Störgröße ( $v$ ) in Form wenigstens einer Kennlinie vorgegeben und daraus eine Korrekturgröße ( $du_{2, s}$ ) gebildet und dem Motorregler (8) des zweiten Zylinders (12) zugeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass als Störgröße die Geschwindigkeit ( $v_2$ ) des zweiten Zylinders oder die Geschwindigkeit ( $v_1, v_3, v_4$ ) eines auf die gleiche Seite der Bahn wie der zweite Zylinder (12) druckenden anderen Zylinders (11, 13, 14) verwendet wird.

4. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass geschwindigkeitsabhängige Registerabweichungen für alternative Transportwege der Bahn ermittelt und vorgegeben werden.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Änderung einer Produktionsbedingung wenigstens ein Reglerparameter ( $k_p, k_D, k_i, k_f$ ) eines Reglers (30; 32) zur registerhaltigen Abstimmung des zweiten Zylinders (12) verändert und die Einstellung dieses Reglers (30; 32) dadurch der Produktionsbedingung angepasst wird.

6. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass in die Bildung des wenigstens einen Reglerparameters ( $k_p, k_D, k_i, k_f$ ) ein für eine Produktion spezifischer Parametergrundwert ( $k_{p, \text{ Basis}}, k_{D, \text{ Basis}}, k_{i, \text{ Basis}}, k_{f, \text{ Basis}}$ ) einfließt.

7. Verfahren nach wenigstens einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Reglerparameter ( $k_p, k_D, k_i, k_f$ ) durch eine Änderung einer Bahnlänge infolge einer Druckstellenumbildung zumindest mitbestimmt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens eine Reglerparameter ( $k_p, k_D, k_i, k_f$ ) in Anpassung an die Umfangsgeschwindigkeit eines der Zylinder (11, 12, 13, 14), die auf die gleiche Bahnseite drucken, verändert wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein auf die gleiche Seite der Bahn druckender dritter Zylinder (13) von einer für den zweiten Zylinder (12) vorgenommenen Korrektur einer Registerabweichung ( $Y_{12}$ ) des zweiten Zylinders (12) entkoppelt wird, indem die diese Korrektur der Registerabweichung ( $Y_{12}$ ) des zweiten Zylinders (12) bewirkende Größe ( $du_{2, R}$ ) für den zweiten Zylinder (12) einem Entkopplungsglied  $EG_{234}$  zugeführt und dessen Ausgangssignal ( $E_{234}$ ) einer Stellgröße ( $du_{3, R}$ ) zur Korrektur von Registerabweichungen ( $Y_{13}$ ) des dritten Zylinders (13) aufgeschaltet wird.

10. Vorrichtung zur registerhaltigen Abstimmung von auf eine Bahn druckenden Zylindern einer Rollenrotationsmaschine, mit

a) einem auf eine Seite der Bahn druckenden ersten Zylinder (11), der von einem ersten Motor (10) angetrieben wird, und einem auf die gleiche Seite der Bahn druckenden zweiten Zylinder (12), der von einem zweiten Motor (10) angetrieben wird, und  
b) Motorreglern (8) zur Regelung der Winkellagen der Zylinder (11, 12),

dadurch gekennzeichnet, dass

c) ein Steuerglied (40; 42) vorgesehen ist, das aus einer Störgröße (v) eine Korrekturgröße ( $du_{2,s}$ ) zur Kompensation einer für die Störgröße (v) typischen Registerabweichung ( $Y_{12}$ ) des zweiten Zylinders (12) vom ersten Zylinder (11) bildet, die dem Motorregler (8) des zweiten Zylinders (12) aufgeschaltet wird.

11. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuerglied (40; 42) einen Speicher aufweist, in dem wenigstens eine Kennlinie für den von der Störgröße (v) abhängigen Verlauf der Registerabweichung ( $Y_{12}$ ) des zweiten Zylinders (12) vom ersten Zylinder (11) abgelegt ist.

12. Vorrichtung nach wenigstens einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dem Steuerglied (40; 42) über einen ersten Eingang die wenigstens eine Störgröße (v) und über einen zweiten Eingang die wenigstens eine für eine aktuelle Druckproduktion gültige Kennlinie ( $Y_{12}(v)$ ) oder ein Auswahlsignal zum Auswählen dieser Kennlinie aus in einem Speicher des Steuerglieds (40; 42) gespeicherten Kennlinien zugeführt wird.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass ein Registerregler (30; 32) zur registerhaltigen Abstimmung des zweiten Zylinders (12) zum ersten Zylinder (11) vorgesehen und wenigstens ein Reglerparameter ( $k_p$ ,  $k_D$ ,  $k_i$ ,  $k_f$ ) dieses Reglers (30; 32) im Betrieb der Maschine veränderbar ist.

14. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß der Registerregler (30; 32) einen Signalprozessor und einen Speicher aufweist, in den von einer übergeordneten Steuerung (4, 5, 6) Parametergrundwerte ( $k_{p \text{ Basis}}$ ,  $k_{D \text{ Basis}}$ ,  $k_{i \text{ Basis}}$ ,  $k_{f \text{ Basis}}$ ) zur Bildung des wenigstens einen veränderbaren Reglerparameters ( $k_p$ ,  $k_D$ ,  $k_i$ ,  $k_f$ ) eingelesen werden.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass dem Registerregler (30; 32) die Umfangsgeschwindigkeit eines der auf die gleiche Seite der Bahn druckenden Zylinder (11, 12), vorzugsweise des abzustimmenden Zylinders (12), zugeführt wird.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass ein Multiplizierer des Registerreglers (30; 32) zur Bildung des wenigstens einen veränderbaren Reglerparameters ( $k_p$ ,  $k_D$ ,  $k_i$ ,  $k_f$ ) die Umfangsgeschwindigkeit mit dem Parametergrundwert ( $k_{p \text{ Basis}}$ ,  $k_{D \text{ Basis}}$ ,  $k_{i \text{ Basis}}$ ,  $k_{f \text{ Basis}}$ ) multipliziert.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuerglied (40; 42) Teil eines Registerreglers (30; 32) ist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuerglied (40; 42) eigenständig oder Teil einer übergeordneten Maschinensteuerung (4, 5, 6) ist.

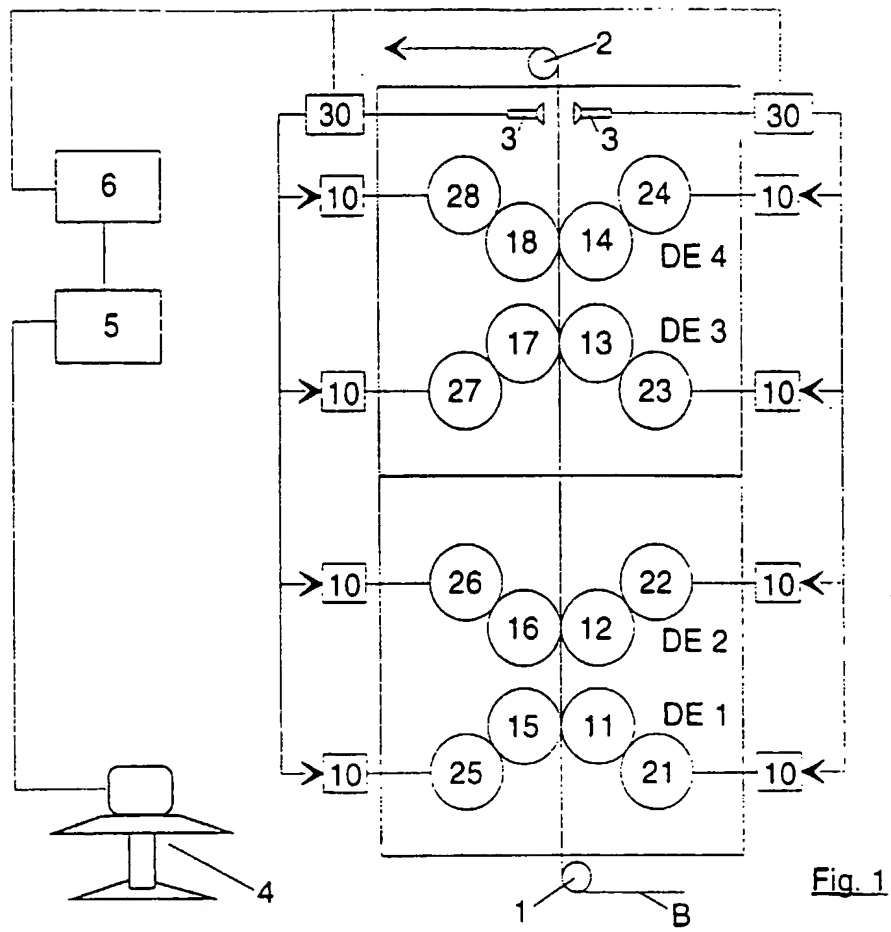


Fig. 1

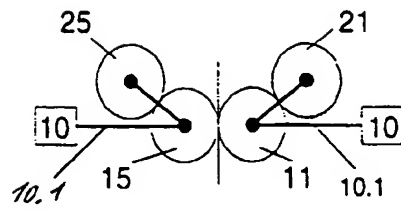


Fig. 2

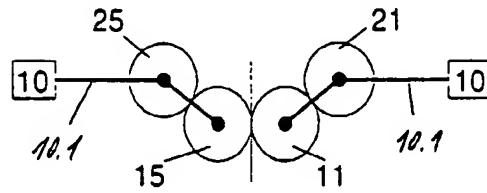


Fig. 3

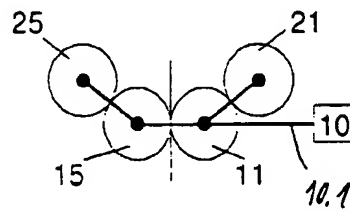


Fig. 4

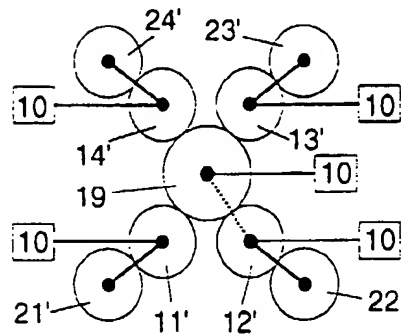


Fig. 5a

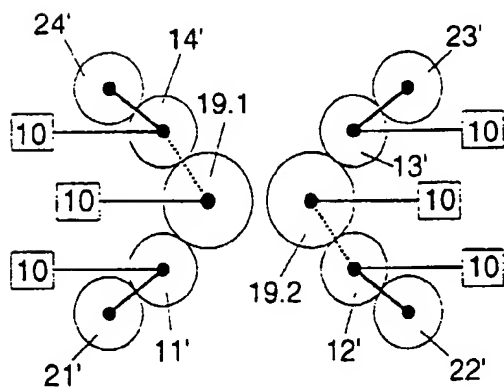
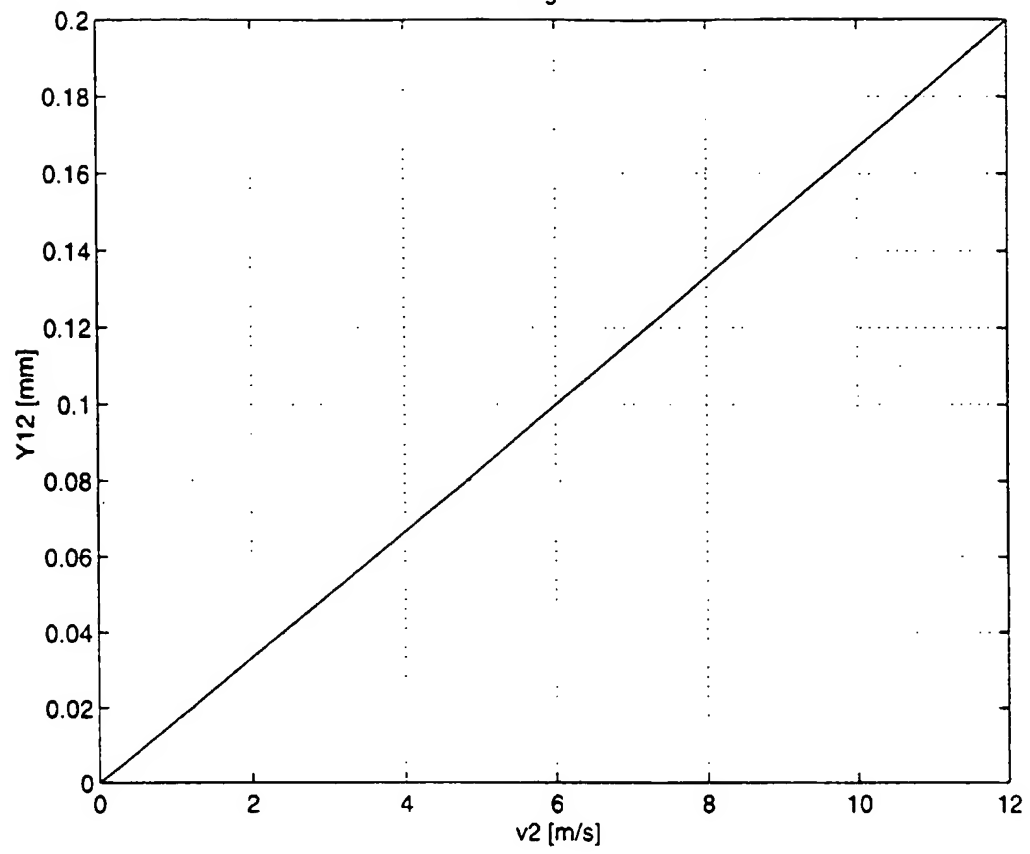


Fig. 5b

Fig. 6





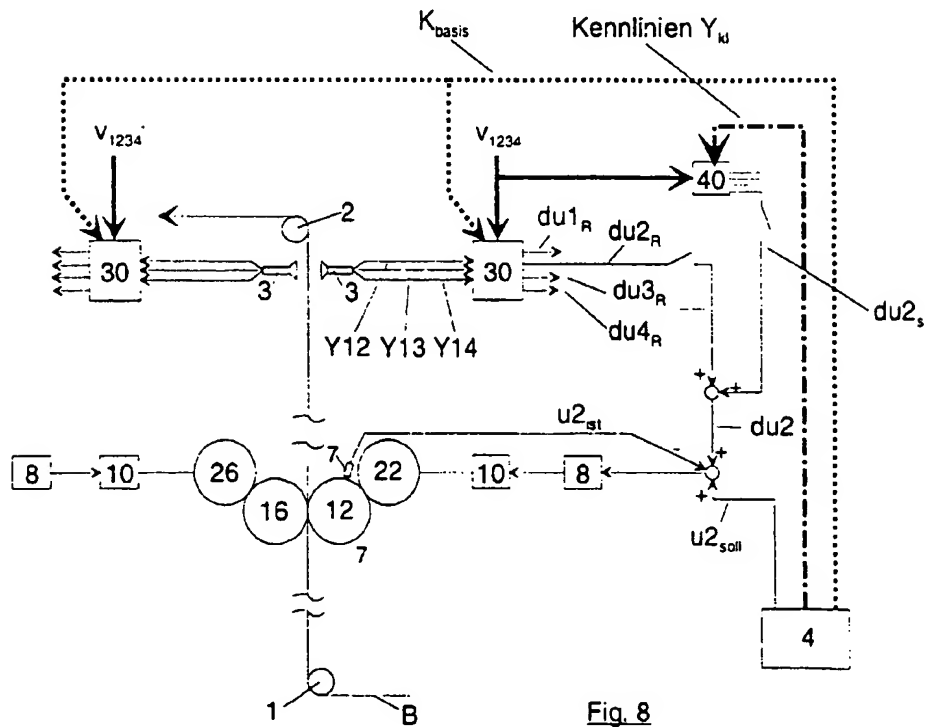
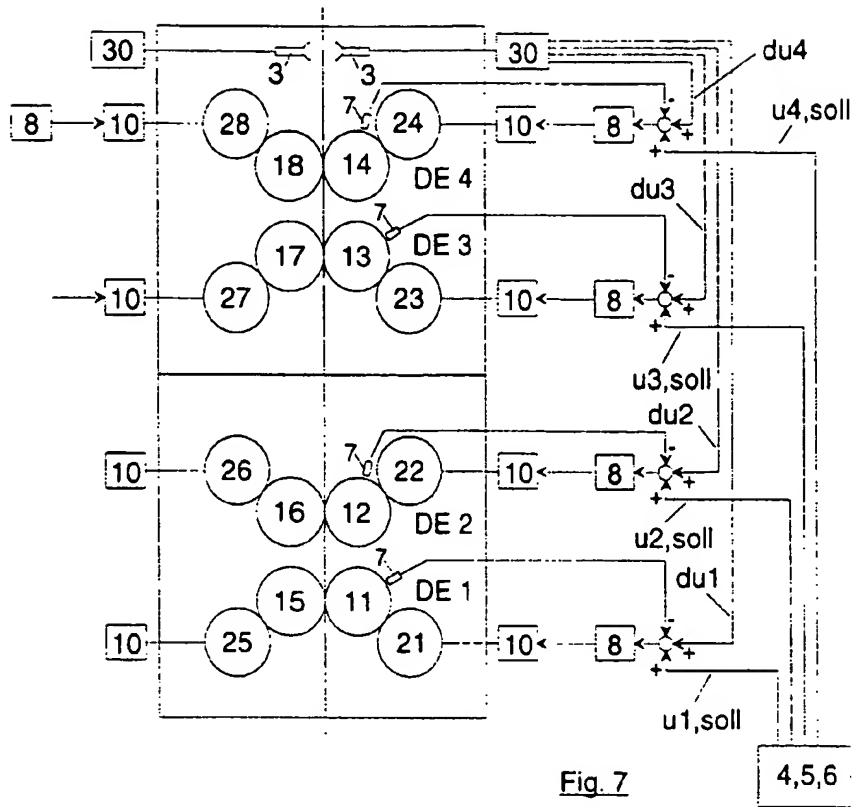


Fig. 9

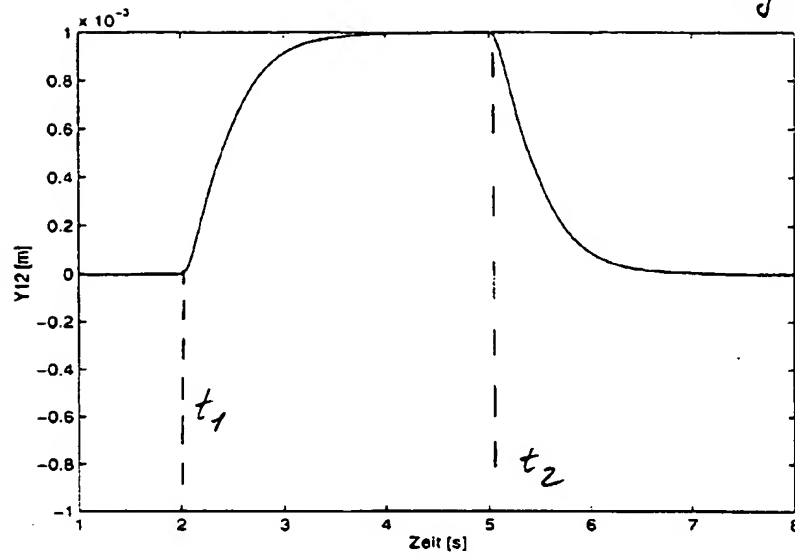


Fig. 10

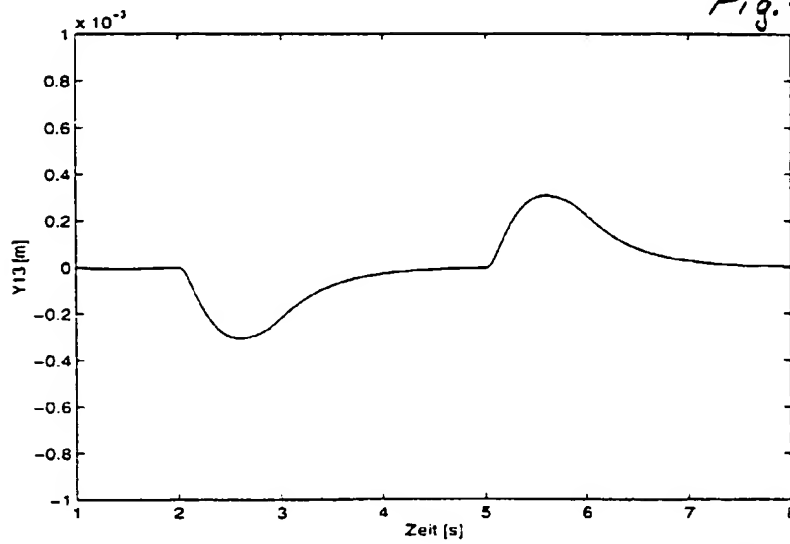
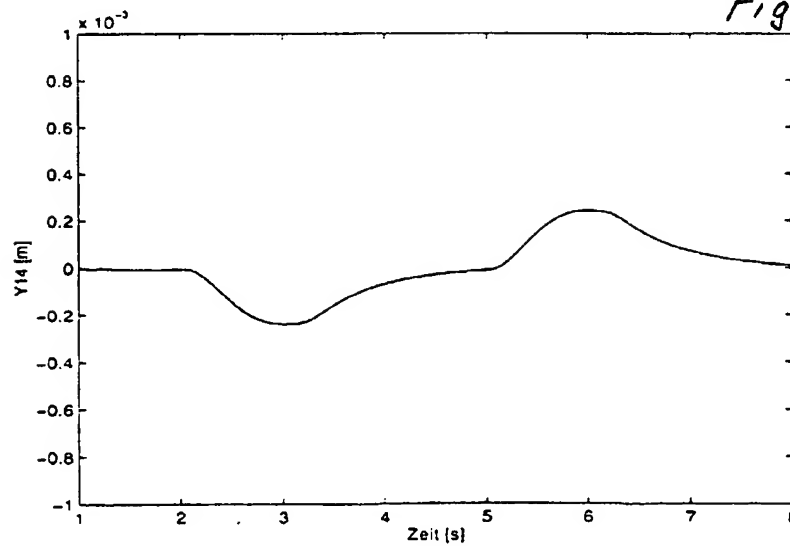


Fig. 11



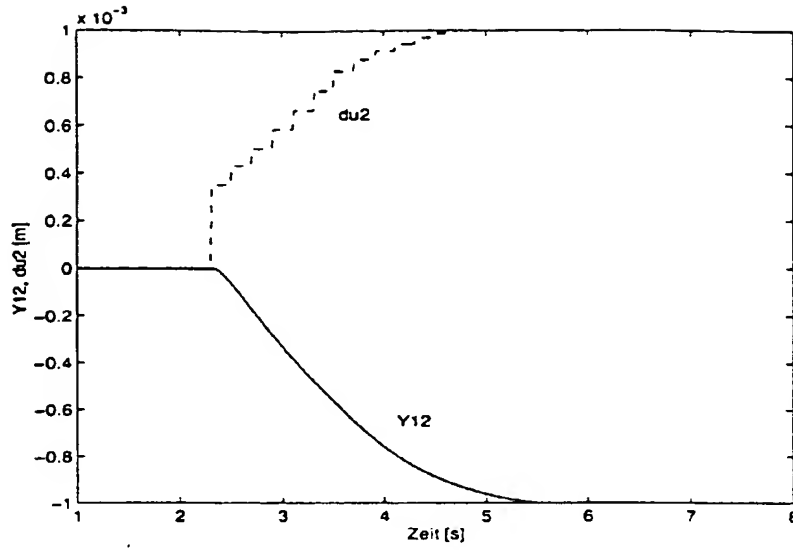


Fig. 12

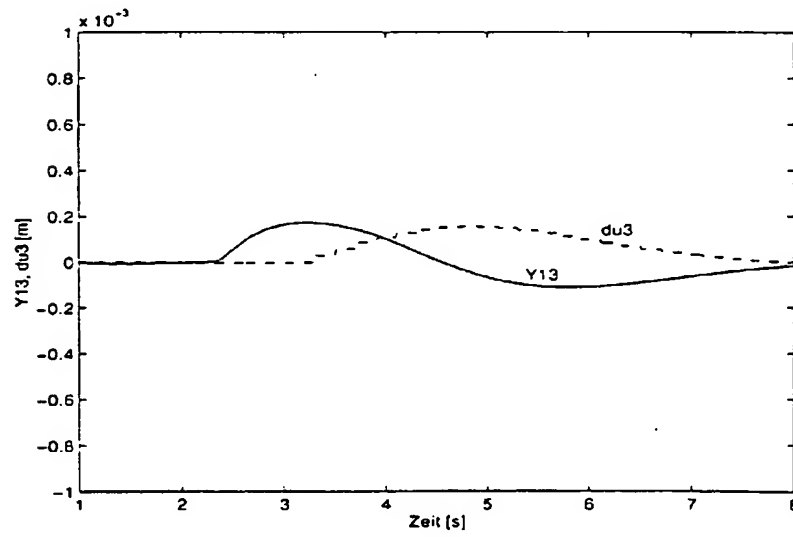


Fig. 13

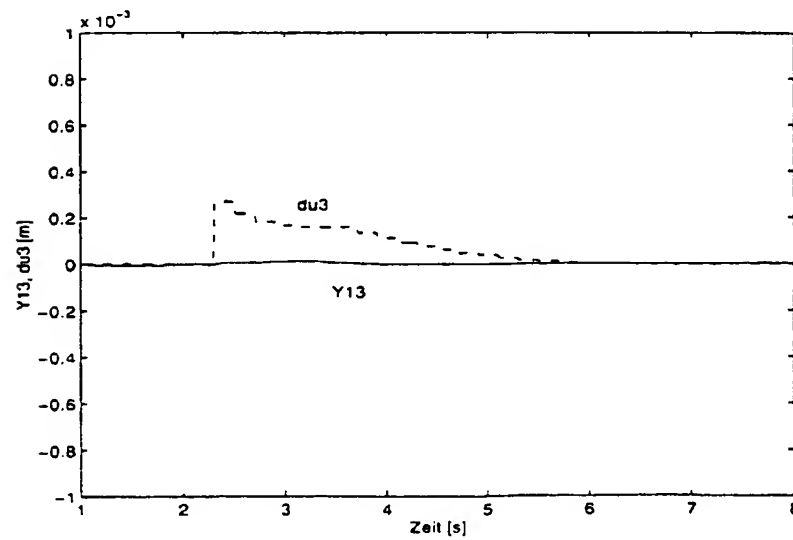


Fig. 14

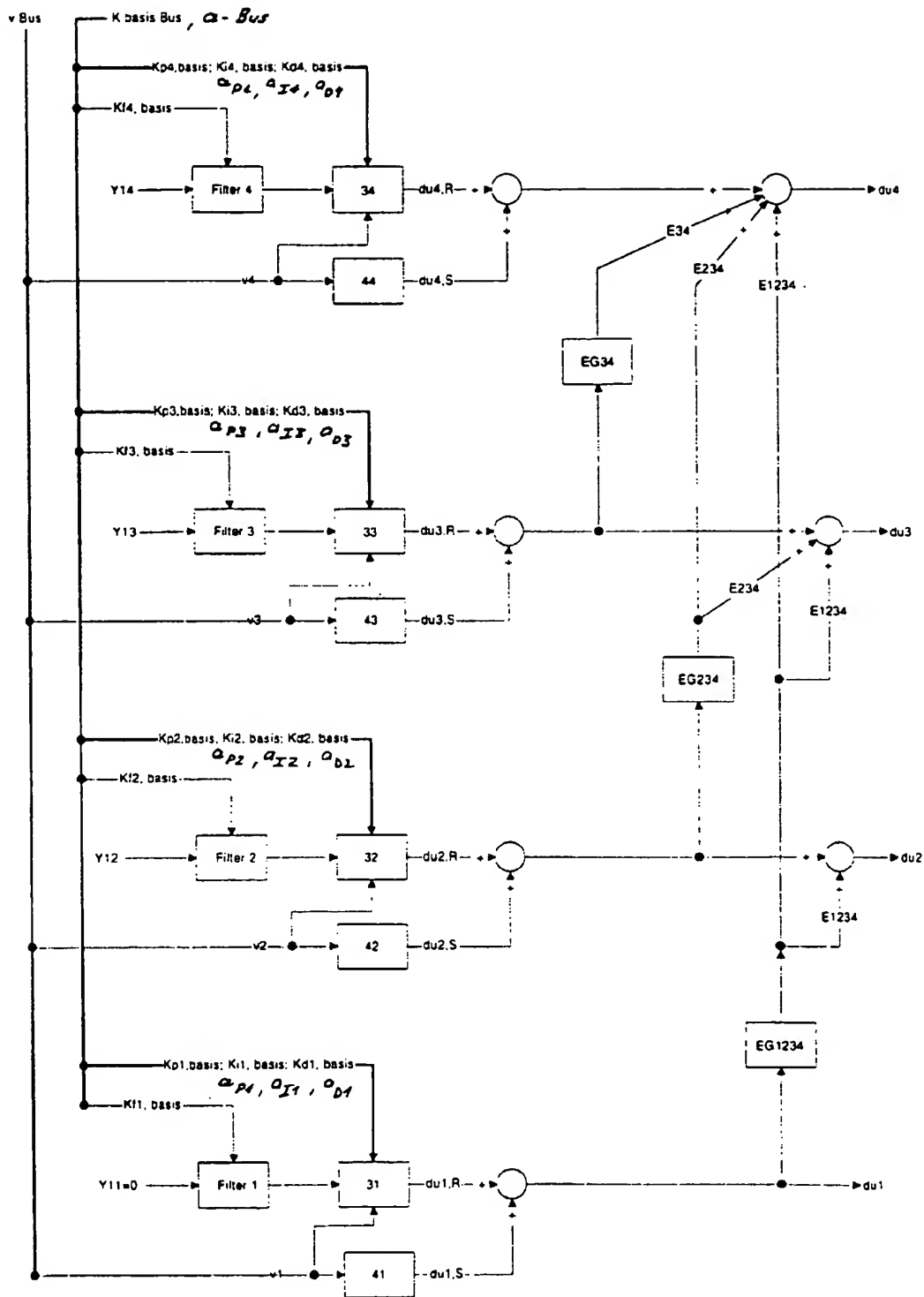


Fig. 15

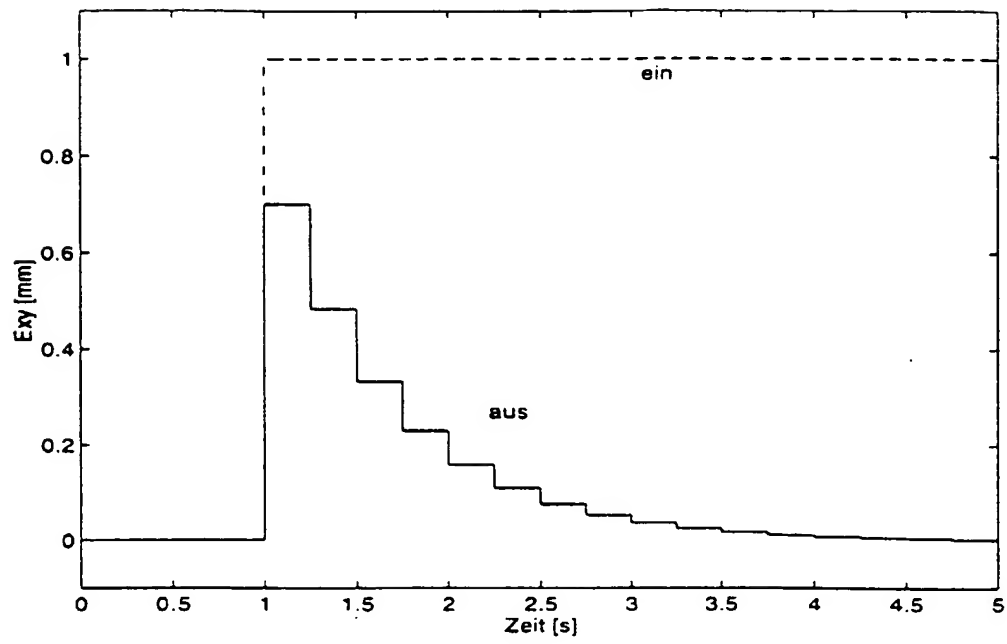


Fig. 16



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 98 81 0437

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
D, A	EP 0 644 048 A (WIFAG MASCHF) 22. März 1995 * Zusammenfassung; Ansprüche; Abbildungen *	1, 10	B41F13/004 B41F13/12
A	EP 0 692 377 A (WIFAG MASCHF) 17. Januar 1996 * Zusammenfassung; Ansprüche; Abbildungen *	1, 10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			B41F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 30. September 1998	Prüfer Helpiö, T.
<p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur</p> <p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument</p> <p>&amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>			